



# Energie – Sonnenklar

Photovoltaik: Technik und Infrastruktur

SWISSOLAR 

VS  
AES

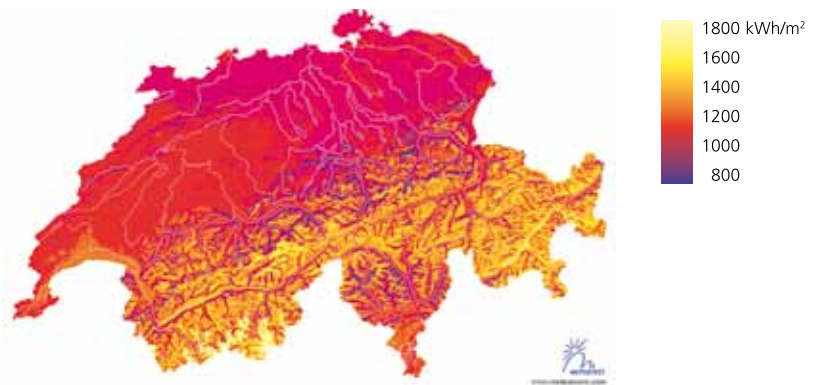
electrosuisse 

# Tipps und Hinweise

- Arbeiten an elektrischen Installationen dürfen nur von Fachpersonal ausgeführt werden.
- Solarstromanlagen bilden einen Mehrwert der Liegenschaft und haben Einfluss auf deren Verkaufs- sowie den steuerbaren Schätzwert.
- Solarmodule können Bauteile insbesondere in den Bereichen Sicht-, Schall-, Sonnen- oder Wetterschutz ersetzen.
- Die Module sollen eine zusammenhängende Fläche bilden, die in der Flucht zu den Dachrändern liegt und die Umrisse des Daches nicht überragen.
- Bei auf Flachdächern aufgeständerten Anlagen muss genügend Abstand zwischen den Modulreihen eingehalten werden, um eine gegenseitige Beschattung zu verhindern. Ein Beschattungswinkel von 16–18° hat sich als ausreichend erwiesen.
- In jedem Fall ist auf eine gute Hinterlüftung von Solarmodulen zu achten, da hohe Zelltemperaturen zu erheblichen Ertragsverlusten führen können.
- Je höher der Standort gelegen ist, desto steiler sollte die Anlage geneigt sein (Schnee).
- Je grösser der Anteil an Diffusstrahlung, desto flacher sollte der Neigungswinkel auf die Anlage sein.
- Es lohnt sich, Projekte frühzeitig bei der Netzbetriebsgesellschaft Swissgrid ([www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch)) anzumelden.
- Trafostationen für grössere Anlagen gleich von Beginn weg in Bewilligungsverfahren mit einbeziehen.
- Sammlung von anwendbaren Vorschriften siehe [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch).

## Strahlungskarte

Die Summe der Sonneneinstrahlungsenergie über ein Jahr ergibt die jährliche Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup>. In der Schweiz werden je nach Region Werte von ca. 1000–1500 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr erreicht. In der global gesehen eher sonnenarmen Schweiz ist das Angebot der Sonne dennoch beachtlich.

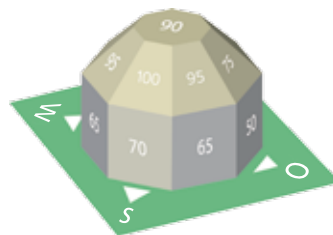


## Die Sonne:

- strahlt mit einer Intensität von rund 1000 W pro m<sup>2</sup>;
- liefert zwischen 1000 und 1500 kWh Sonnenenergie pro Jahr und m<sup>2</sup>, was einem Heizwert von ca. 100–150 l Heizöl entspricht.

Die Werte beziehen sich auf eine 30° geneigte Fläche gegen Süden.

Die optimale Ausrichtung einer Solarstromanlage ist gegen Süden mit einer Neigung von 25–40°. Es lassen sich jedoch gute bis sehr gute Erträge mit abweichender Ausrichtung und Neigung erzielen.



# Zuständigkeiten

## Photovoltaik-Anlagenplanung

Am Beispiel einer dachintegrierten Anlage.

		Bauherrschaft	Architekt	Elektro- oder Photovoltaik-Planer	Lieferanten (Module/WR)	Photovoltaik-Installateur	Elektriker	Baumeister	Dachdecker	Spengler	Metall-/Fassadenbauer
<b>Strategische Planung und Vorstudien (Phase 1 + 2)</b>	Beratung und Vorstudie(n), z.B. Baustatik, Netzkapazität	✓	●	●		▼	▼		▼		▼
<b>Projektierung (Phase 3)</b>	Vorprojekt, Baugesuch, Anschlussgesuch, Planvorlage	✓	●	●		▼	▼		▼		▼
	Bauprojekt		●	●		▼	▼		▼		▼
<b>Ausschreibung (Phase 4)</b>	Offertausschreibung			●							
	Offertbearbeitung	✓	●		▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
<b>Realisierung (Phase 5)</b>	Planung, Fachbauleitung		●	●		▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Aufträge erteilen, Verträge erstellen	✓	●	●		▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Dichtigkeitsschicht aufbringen								✓		
	Unterkonstruktion aufbauen								✓		✓
	Integrationssystem aufbauen					✓			✓		✓
	Durchführungen erstellen							✓	✓		
	DC-Verkabelung bis WR erstellen					✓	✓				
	Module einsetzen und verdrahten (ohne Elektroanschluss)				✓	✓	✓		✓		
	Stringspannung kontrollieren					✓	✓				
	Potenzialausgleich/Blitzschutz erstellen					✓	✓				
	Dachrandanschlüsse erstellen							✓	✓	✓	✓
	WR montieren und anschliessen				✓	✓	✓				
	AC-Verkabelung erstellen						✓				
	Funktionstest			●		✓	✓				
	Inbetriebnahme, Abschluss	✓	●	●		✓	✓				
	<b>Bewirtschaftung (Phase 6)</b>	Wartung und Unterhalt					✓	✓	✓	✓	✓
Überwachung / Erfolgskontrolle		✓		●		✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Zuständigkeit

● mit Planer

▼ ohne Planer/Architekt





### Der Weg zur eigenen Solaranlage

Die nebenstehende Checkliste soll eine erste Einschätzung eines Solarstromprojekts ermöglichen (ohne Gewähr).

**Kernfrage: Kann/darf ich eine Solarstromanlage installieren?** (Gemeinde/Kanton anfragen)

Falls Kernfrage mit «Ja» beantwortet:

<b>Ausrichtung der Solarfläche</b> ( <a href="http://www.swissolar.ch/">www.swissolar.ch/</a> Solardach-Rechner)	Südlage	Ost-/Westlage	Dach gegen Norden
<b>Verfügbare Fläche (Dach, Fassade etc.)</b>	> 15 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	< 2 m <sup>2</sup>
<b>Ø Jährliche Sonneneinstrahlung</b>	> 1100 kWh/m <sup>2</sup>	800–1000 kWh/m <sup>2</sup>	< 800 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Eigenversorgungsanteil durch PV-Anlage im Quartal</b> (Solardach-Rechner: <a href="http://www.swissolar.ch/">www.swissolar.ch</a> )	> 60 %	60 %	< 20 %
<b>Bewilligungsverfahren</b> ( <a href="http://www.e-kantone.ch">www.e-kantone.ch</a> )	keine	einfach	komplex
<b>Investitions- und Betriebskosten</b>	tief	mittel	hoch
<b>Kapitalzinsen</b>	tief	mittel	hoch
<b>Steuererleichterung (Gemeinde, Kanton)</b>	ja	teilweise	keine
<b>Förderbeiträge</b> ( <a href="http://www.e-kantone.ch">www.e-kantone.ch</a> )	ja	teilweise	keine

- grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine eigene Solarstromanlage
- grundsätzlich geeignete Voraussetzungen, evtl. weitere Abklärungen notwendig
- voraussichtlich weniger oder nicht geeignet für die Solarstromproduktion

Solarstrom-Fachstellen erteilen gerne weitere Auskünfte, siehe «Weitere Informationen» am Schluss der Broschüre.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	3	
<b>Allgemeines   Sonnenenergie</b> Lohnt sich die Solarstromproduktion? Unsicherheitsfaktor «Wetter». Wie funktioniert Photovoltaik? Welche Technologien gibt es? Wie hoch ist die Lebensdauer einer Anlage? Recycling.	4	
<b>Immobilienbesitzer und -verwalter</b> Der geeignete Standort. «Lohnt sich» eine Solarstromanlage für mich? Welche Fläche liefert wie viel Strom? Optimierung meiner Energieversorgung. Stromlieferung ans Energieversorgungsunternehmen?	7	
<b>Architekten und Elektroplaner</b> Gestalterische Aspekte: architektonisch elegant und funktionell? Welches ist die ideale Neigung und Ausrichtung von Solarmodulen? Blendung durch Fotovoltaikanlagen? Normen und Vorschriften. Erstellung der Solaranlage mit oder ohne Planer?	9	
<b>Fachleute und Gewerbe</b> Was gehört zur Installation einer Photovoltaikanlage? Wer darf welche Arbeiten ausführen? Technische Möglichkeiten für Gleichstromleitungen: Was muss ich beachten? Erdung, Blitz- und Überspannungsschutz.	11	
<b>Energieversorgungsunternehmen</b> Varianten des Netzanschlusses. Welche Messarten gibt es? Wie wird abgerechnet? Wie können sich Mieter an Solarenergie beteiligen?	13	
<b>Behörden</b> Wo finde ich Auskunft und Beratung? Welche Formalitäten benötigt die Erstellung einer Photovoltaikanlage? Abnahme, Inbetriebnahme und Kontrolle.	15	
<b>Kosten   Finanzierung   Förderbeiträge</b> Mit welchen Investitionen muss ich rechnen? Was bedeutet «Contracting»? Welche Unterhaltskosten fallen an? Wie finanziere ich die Photovoltaikanlage? Muss ich die Solarstromanlage versichern?	16	
<b>Aussichten   Technologie und Trends</b> Welches Potenzial hat Solarenergie in der Zukunft? Normierung und Standards. Stromerzeugungssysteme kombinieren?	19	
<b>Glossar   Impressum</b>	20	



«Immobilienbesitzern den Einstieg in die Solartechnik erleichtern.»



# Einleitung



Kein Weg führt an der Gewinnung von umweltschonender Energie vorbei. Die fossilen Energiequellen sind endlich. Wir sind mehr denn je aufgefordert, umweltfreundliche Alternativen zu finden und einzusetzen.

Solarzellen wandeln Sonnenstrahlung in elektrische Energie um – weitgehend ohne Abfall, ohne Lärm und ohne Abgase. Diese Technik nennt sich «Photovoltaik». Grundsätzlich unterscheidet man zwischen solarthermischer und solarelektrischer (Photovoltaik) Nutzung der Sonnenenergie. In der Photovoltaik wandeln Solarzellen Sonnenstrahlung direkt in elektrische Energie um. Wir konzentrieren uns in dieser Informationsschrift auf die direkte Stromgewinnung durch Photovoltaik.

Die vorliegende Broschüre soll insbesondere Immobilienbesitzern den Einstieg in diese zukunftsorientierte Technik erleichtern. Interessierte finden die wichtigsten Informationen, die als Entscheidungshilfe zur Installation einer Solarstromanlage dienen. Die Informationsschrift fasst die aktuellen Punkte aus heutiger Sicht zusammen, erläutert die wichtigsten Voraussetzungen und Regeln für die Planung und Realisierung einer Solarstromanlage und skizziert auch finanzielle Aspekte.

Fachpersonen aus den zuständigen Schweizer Verbänden und Organisationen haben zum Inhalt beigetragen. Sie stehen auch für weitere Informationen und Beratung zur Verfügung.

Swissolar  
Schweizerischer  
Verband für  
Sonnenenergie

Verband  
Schweizerischer  
Elektrizitätsunternehmen  
(VSE)

Electrosuisse  
Verband für Elektro-,  
Energie- und  
Informationstechnik





# Allgemeines | Sonnenenergie

Die Sonne strahlt in einer Stunde so viel Energie auf unseren Planeten, wie die gesamte Menschheit in einem Jahr verbraucht. Mit nur 0,1 % der Sonnenenergie – in nutzbare Energie verwandelt – wäre der gesamte Weltenergiebedarf gedeckt. Für die Energiegewinnung dieser Grössenordnung müssten 3–4 % der Wüstenfläche photovoltaisch genutzt werden.

## Unterschied zwischen Solarstrom und Solarwärme

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen zwei Formen von Solaranlagen: Eine produziert elektrischen Strom, die andere Wärme. Solarstromanlagen wandeln Sonnenstrahlung über die Solarmodule direkt in elektrischen Strom um. Diese Technologie nennt man «Photovoltaik». Solarwärme (Solarthermie) hingegen wird mit sogenannten «Sonnenkollektoren» gewonnen. Durch diese Kollektoren fliesst eine Flüssigkeit, die erwärmt wird. Die Wärme wird zum Speicher (Boiler) transportiert und erhitzt dort Wasser.

## Unsicherheitsfaktor «Wetter»

Der Standort einer Solaranlage hat einen direkten Einfluss auf die erzielbare Leistung und den Ertrag. Das Sonnenlicht setzt sich auf der Erdoberfläche aus einem direkten und einem diffusen Anteil zusammen. Je nach Bewölkungszustand und Tageszeit können sowohl die Strahlungsleistung als auch der Anteil an direkter und diffuser Strahlung stark variieren. Bei schönem Wetter dominiert die Direktstrahlung, bei starker Bewölkung oder Nebel ist vorwiegend Diffusstrahlung vorhanden (siehe Solar-dach-Rechner: [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)). Der durchschnittliche Anteil der Diffusstrahlung in der Schweiz beträgt ca. 50 %. Die Sonnenbahn variiert ausserdem in unseren Breitengraden sehr stark während eines Jahres: Die Sonne steigt im Sommer am Mittag auf ca. 67° Höhe, aber nur gerade auf 20° im Winter.

## Potenzial Photovoltaik

Laut dem neusten «Trends Report des IEA Photovoltaic Power System Programme» sind Ende 2011 weltweit 70 GW installierte Leistung von Photovoltaikanlagen vorhanden. Im Jahr 2011 sind 30 GW Leistung zugebaut worden. Die Schätzungen der Europäischen PV-Industrieverbandes (EPIA) gehen von einem weiteren, wenn auch verlangsamten Wachstum aus. Bis 2016 soll der globale PV-Markt auf etwa 40–75 GW jährliche Zubauraten anwachsen.

Aufgrund des tages- und jahreszeitlich schwankenden Angebots wird die Solarenergie den Elektrizitätsbedarf nicht alleine decken können. In Kombination mit anderen, vorzugsweise erneuerbaren Energiequellen, z.B. Geothermie, Wasser- und Windkraft, Holzschnitzel etc., kann die Sonnenenergie jedoch einen wertvollen Beitrag dazu leisten.

## Wie funktioniert Photovoltaik?

Die klassische kristalline Siliziumsolarzelle setzt sich aus zwei aufeinanderliegenden Siliziumschichten zusammen, wobei zwischen den Schichten eine Potenzialdifferenz entsteht. Bei Sonneneinstrahlung bewegen sich freie Elektronen von der Schicht mit dem tieferen Potenzialniveau auf die Schicht mit dem höheren Niveau. Diese Potentialdifferenz kann nun über einen angeschlossenen Stromkreis als elektrische Energie genutzt werden. Damit eine gut nutzbare Spannung entsteht, wird eine entsprechend notwendige Anzahl Solarzellen in Serie geschaltet. So braucht es für 200 V Betriebsspannung rund 400 Solarzellen aus Silizium in Serieschaltung. Die Stärke des Stroms ergibt sich aus der Intensität des Sonnenlichts, dem Wirkungsgrad und der Grösse der Solarzelle. Typische Werte liegen heute bei 5–8 A pro Zelle.

Photovoltaikanlagen bestehen aus unterschiedlichen Komponenten, die optimal aufeinander abgestimmt sein müssen:

## Solargenerator

Der Photovoltaikgenerator wandelt das einfallende Sonnenlicht in elektrische Energie um. Zu ihm zählen die gut sichtbaren Solarmodule, die Gleichstromverkabelung sowie die Unterkonstruktion.

## Wechselrichter

Der Wechselrichter bildet das Bindeglied zum Netz. Er wandelt den von den Solarmodulen erzeugten Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom um.

## Unterschiedliche Technologien

Die Entwicklung brachte eine grosse Vielfalt an Solarzellen-Technologien hervor. Sie werden grundsätzlich nach kristallinen Solarzellen und Dünnschichtzellen unterschieden. Kristalline Zellen erreichen den höchsten Wirkungsgrad. Mit einem Marktanteil von rund 80 % ist dies die bedeutendste Photovoltaiktechnologie. Dünnschichtzellen gibt es in vielen Varianten und aus unterschiedlichen Materialien und Zusammensetzungen. Sie ermöglichen die Anbringung auch auf flexible Unterlagen. Ihr Wirkungsgrad ist hingegen geringer als bei kristallinen Solarzellen.





## «Sonnenland Schweiz?»



### Netzverbundanlage oder Insellösung

Ist eine Anlage mit dem öffentlichen Elektrizitätsnetz verbunden, spricht man von einer Netzverbundanlage. Der Solarstrom fliesst via Wechselrichter direkt in das öffentliche Stromnetz und wird entweder am Standort der Solarstromproduktion selbst verbraucht oder via Netz zu anderen Verbrauchern transportiert. Diese Broschüre konzentriert sich auf Netzverbundanlagen.

Inselanlagen sind nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden. Der gewonnene Strom wird bei der Inselanlage für den Eigenbedarf, also lokal direkt genutzt oder in einen separaten Energiespeicher, meist in eine Batterie, gespeichert. Eine Inselanlage findet vor allem auf SAC-Hütten, Ferienhäusern oder z.B. auch Parkscheinautomaten Verwendung.

### Lebensdauer, Energierückzahlzeit

Eine Solaranlage liefert während ihrer Lebenszeit von ca. 25–30 Jahren etwa 12 mal soviel Energie, wie zu ihrer Herstellung aufgewendet werden musste. Das heisst, dass die Energie zur Herstellung der Solaranlage (graue Energie) nach 2–3 Jahren zurückgewonnen ist.

### Recycling

Für die Entsorgung ausgedienter Solarmodule gelten in der Schweiz die Bestimmungen des Umweltschutzgesetzes und damit das Verursacherprinzip: Der Inhaber ist für die umweltverträgliche Entsorgung und deren Finanzierung verantwortlich. Nach der Lebensdauer können die meisten in der Schweiz verbauten Photovoltaikmodule problemlos recycelt werden. Die Materialien lassen sich für neue Module oder andere Produkte wiederverwenden. Die Solarbranche baut dazu europaweit ein Netz von Sammelstellen auf. In der Schweiz organisiert die Branchenorganisation PV Cycle die kostenlose Rücknahme ausgedienter Module, sofern der Hersteller oder Lieferant Mitglied der Organisation ist. Module anderer Hersteller werden zu einem Kilopreis fachgerecht entsorgt ([www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)). Für Solarzellen, die statt Silizium Cadmium oder andere Schwermetalle enthalten, gelten besondere Entsorgungsvorschriften. Weitere Informationen liefert das Bundesamt für Umwelt (BAFU): [www.bafu.admin.ch/abfall](http://www.bafu.admin.ch/abfall).



«Ein Platz an der Sonne –  
Solarstrom selbst produzieren.»





# Immobilienbesitzer und Verwalter



Eine eigene Solarstromanlage ist Ausdruck des Engagements für eine nachhaltige Ressourcennutzung. Zudem bietet sie interessante architektonische Gestaltungsmöglichkeiten, die Gebäude aufwerten können.

## Der geeignete Standort

Solarstromanlagen können überall in der Schweiz gebaut werden. Die Sonneneinstrahlung beträgt zwischen 1000 und 1500 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr. An gut besonnten Lagen, beispielsweise im Süden Europas, ist die Einstrahlung ca. 60 % höher als etwa in Bern mit rund 1300 kWh/m<sup>2</sup>.

Solarmodule sollten möglichst direkt bestrahlt werden. Dabei sind die Ausrichtung Südost bis Südwest und die Neigung von 20–60° vorteilhaft. Solarmodule werden meistens entweder ins Dach integriert und ersetzen dabei die Dachhaut, oder sie werden auf das bestehende Dach aufgebaut. Sie finden aber auch weiteren Einsatz, z.B. an Fassaden, als Dach für Auto- oder Zweiradunterstände, als Sonnenschutz etc.

## «Lohnt sich» eine Solarstromanlage für mich?

Entscheidender Faktor einer Photovoltaikanlage sind die Anschaffungskosten. Der grösste Vorteil liegt darin, dass für die Sonnenenergie selbst keine Kosten anfallen. Technologiebedingt sind die Unterhaltskosten gering. Für einen wirtschaftlichen Betrieb spielt die richtige Dimensionierung eine entscheidende Rolle.

Grundsätzlich empfehlen sich eingehende Abklärungen vor der Erstellung einer eigenen Solarstromanlage:

- Wie sind die örtlichen, gesetzlichen und baurechtlichen Voraussetzungen?
- Sind die baulichen Voraussetzungen zur Installation einer Solarstromanlage gegeben, z.B. Ausrichtung, Dimensionen etc.?
- Gibt es Hemmnisse wie z.B. Schattenwurf aktueller oder künftiger Gebäude, Bäume etc., Denkmalschutz, Probleme mit Lichtreflexionen, die Nachbarn stören könnten?
- Eine Baubewilligung ist meistens erforderlich. Es empfiehlt sich, Vorabklärungen mit der Gemeinde zu treffen.
- Eine Anfrage beim zuständigen Energieversorgungsunternehmen (EVU) bezüglich der Kapazität der Zuleitungen platzieren, insbesondere bei grösseren Anlagen.

Die Checkliste auf der Umschlagseite erlaubt eine erste, schnelle Einschätzung des Vorhabens.

## Flächenbedarf

Eine vierköpfige Familie benötigt durchschnittlich ca. 4500 kWh Strom jährlich. Zur Produktion von Energie für 1000 kWh Strom wird eine Solarstromanlage mit einer Fläche von ca. 6–12 m<sup>2</sup> (je nach Wirkungsgrad) benötigt. Dabei darf der Aspekt der Stromspeicherung (resp. des Strombedarfs in der Nacht, bei Bewölkung) nicht ausser Acht gelassen werden.

## Optimierung der Energieversorgung

Eventuell lohnt es sich, die aktuelle Energieversorgung und allfällig bestehende Anlagen auf ihre Optimierung hin zu überprüfen. Beratung bieten Fachpersonen aus Verbänden, der öffentlichen Hand, Planungsbüros oder der Solarindustrie (siehe «Weitere Informationen» am Schluss der Broschüre). Auf Dächern oder Fassaden von Firmen- oder Lagergebäuden, Autoabstellplätzen, Scheunen oder Clubhäusern gibt es erhebliches Potenzial zur Solarstromproduktion. Energie, die nicht für den Eigenbedarf benötigt wird, kann allenfalls verkauft werden. Entsprechende Abklärungen mit dem lokalen EVU schaffen Klarheit.

## Stromlieferung an EVUs

Das lokale EVU ist verpflichtet, die solare Stromproduktion im Netzverbund abzunehmen. Bei Anlagen bis 3 kWp liegt die Vergütung in der Regel in der Höhe des normalen Strompreises. Kann die «gelbe Energie» einer Solarbörse geliefert werden, liegt der Erlös deutlich höher, ebenso, falls die Anlage von der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) profitieren kann.



«Mit Photovoltaik  
architektonische Akzente setzen.»





# Architekten und Elektroplaner

Neben der Energieproduktion werden Solarstromanlagen immer häufiger als gestalterische oder funktionale Komponente eines Gebäudes verwendet. Sie dienen als Glasfassade oder als Beschattungselement und liefern nebenbei noch Strom.

## Gestalterische Aspekte

Meistens empfiehlt es sich, ein ruhigeres Gesamtbild anzustreben. So können z.B. Solarstrom und Solarwärme in gleichen Rahmensystemen Platz finden oder Fassadenkollektoren ähnlich eingebaut werden wie danebenliegende Fenster. Solarmodule können die Funktion von Bauteilen übernehmen, die ohnehin benötigt werden, z.B. Sicht-, Schall-, Sonnen- oder Wetterschutz.

Die Photovoltaikanlagen werden in drei Kategorien aufgebaut:

- angebaut, z.B. meist auf dem Dach installiert
- integriert, z.B. im Dach oder in der Fassade
- frei stehend, d.h. auf freiem Boden/Feld

## Neigungswinkel und Ausrichtung (Azimut)

Ein senkrechter Sonneneinstrahlungswinkel ist immer effektiver als derjenige, welcher schräg auf die betreffende Fläche auftrifft. Da sich die Ausrichtung (Azimut) und die Sonnenhöhe im Laufe des Tages und Jahres stark ändern, variiert bei festen Installationen, wie z.B. Hausdächern, auch der Energieertrag. Die Betrachtung des jährlichen Strahlungsangebots ist deshalb hilfreich. Es muss nicht immer ein Süddach sein! Durch sinkende Solarmodulpreise werden auch Flächen interessant, die nicht genau nach Süden ausgerichtet sind. Ost- und Westdächer bieten den Vorteil, die Stromproduktion gemäss der Sonnenlaufbahn auf den Tag zu verteilen.

## Verordnungen, Normen und Vorschriften

Es gelten verschiedene Normen und Vorschriften. Nachstehend vier wichtige Beispiele:

### Elektroinstallation

Es gilt dazu die Niederspannungs-Installationsnorm NIN; SN SEV 1000, insbesondere das Kapitel 7.12 ([www.normenshop.ch](http://www.normenshop.ch)), Auszüge sind im STI 233.1104 publiziert.

### Statik

SIA Norm 261: Einwirkungen auf Tragwerke, Schnee- und Windlasten. Mechanische Dimensionierung von Tragkonstruktionen, für die Schweiz spezifische Wind- und Schneelasten ([www.webnorm.ch](http://www.webnorm.ch)).

## Brandschutz

Anforderungen an die Bildung von Brandabschnitten sowie die Standorte von elektrischen Geräten und Installationen sind von der Vereinigung der Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) und der kantonalen Feuerpolizei im jeweiligen Kanton festgelegt ([www.praever.ch](http://www.praever.ch)).

## Netzanschluss

Die Werkvorschriften der örtlichen Elektrizitätswerke sind zu beachten ([www.werkvorschriften.ch](http://www.werkvorschriften.ch)).

## Mit oder ohne Planer?

Diese Frage hängt in erster Linie davon ab, wie gross die Anlage ist und ob es sich um eine Anlage mit Standardauslegung oder um eine massgeschneiderte Ausführung handelt. Bei sämtlichen Spezialanwendungen, insbesondere bei der Gebäudeintegration, ist eine fundierte Planung unerlässlich. Bei kleineren Anlagen (Bereich < 10 kW) spielen die Kosten eine wichtige Rolle. Hier empfiehlt sich ein gestrafftes Planungsverfahren.

Die Phasengliederung der SIA-Ordnung 112 Leistungsmodell gibt einen guten Überblick über den generellen Projektlauf (siehe Tabelle auf der Umschlagseite «Photovoltaik Anlagenplanung»). Dem Informationsfluss zwischen Planungsstelle, dem Bauherren und den Vertretern der Öffentlichkeit wie Energieversorgungsunternehmen (EVU), Gemeinde usw. gilt besondere Aufmerksamkeit, um das Vorhaben effizient umzusetzen.

## Vorsorge für Feuerwehreinsätze

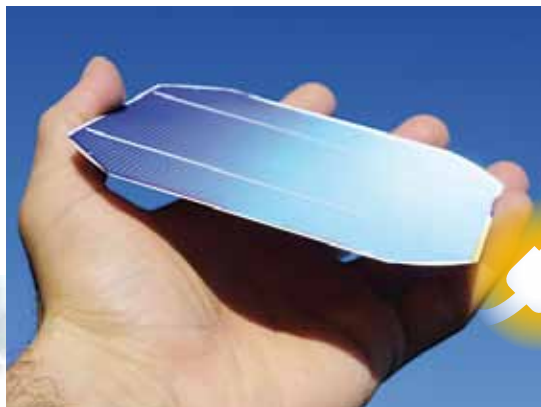
Eine Photovoltaikanlage verändert die Risiken für Feuerwehreinsätze. Unter anderem ist zu beachten, dass:

- sich viele Photovoltaikanlagen nicht abschalten lassen. Sie produzieren bereits bei geringer Lichtstärke Spannung.
- elektrische Leitungen teilweise unter Spannung stehen; auch bei ausgeschaltetem Netz.
- der Zugang zum/vom Dach gewährleistet wird.

Die VKF hat ein Merkblatt publiziert, welches sowohl die Vorsorgemassnahmen für Feuerwehreinsätze wie auch die allgemeinen Brandschutzmassnahmen festlegt. Es kann unter [www.praever.ch](http://www.praever.ch) gratis bezogen werden. Ergänzend dazu hat Swissolar gemeinsam mit der VKF ein «Aktueller Stand der Technik-Papier» verfasst. Es kann unter [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch) ebenfalls kostenlos bezogen werden.

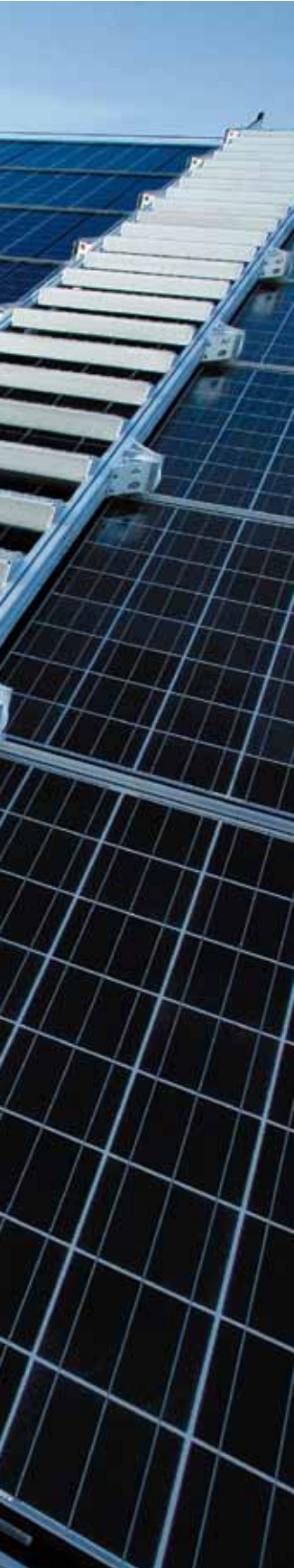


«Gute Planung für  
den reibungslosen Betrieb.»





# Fachleute und Gewerbe



Die Installation von Solarstromanlagen erfordert die enge Zusammenarbeit verschiedener Fachkräfte. Die Funktion des Photovoltaikinstallateurs kann auch durch einen anderen Handwerker ausgeübt werden, z.B. Elektriker, Spengler, Dachdecker oder Fassadenbauer. Dabei ist zu beachten, dass gemäss Niederspannungs-Installationsverordnung sämtliche Arbeiten an elektrischen Installationen nur von Installateuren mit Installationsbewilligung ausgeführt werden dürfen. Dachdecker können Module einbauen. Das Verlegen und Anschliessen der Stringleitungen sowie Arbeiten im Wechselstrombereich müssen von konzessionierten Elektroinstallateuren ausgeführt werden.

Unter [www.solarprofis.ch](http://www.solarprofis.ch) sind von Swissolar geprüfte Unternehmen aufgelistet.

## Was gehört zur Installation einer Photovoltaikanlage?

Solarmodule, Befestigungseinrichtungen, Steckverbinder, Solarkabel, Sicherungen, Überspannungsschutz, Erdung, Schalter, Wechselrichter und Stromzähler bilden die wesentlichen Komponenten einer Photovoltaikanlage. Bei kleinen Anlagen sind viele Komponenten direkt im Wechselrichter eingebaut, bei grösseren Anlagen gibt es Feldverteilkästen. Nach der Hintereinanderschaltung von mehreren Modulen zu einem Strang übernimmt der Feldverteilkasten die Zusammenschaltung mehrerer Stränge. Im Allgemeinen enthält er auch Schutzvorrichtungen gegen die Einwirkung von Blitzen und Überlastung der Stränge.

Für die Netzeinspeisung muss der im Solarmodul entstandene Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom umgewandelt werden. Diese Aufgabe erfüllt der Wechselrichter, der auch Sicherheits- und Steuerfunktionen übernimmt. In vielen Fällen werden die Stringleitungen ohne Umweg über den Feldverteilkasten direkt an den Wechselrichter angeschlossen.

Es empfiehlt sich, die Solarstromanlage regelmässig zu überprüfen.

## Auswahl technischer Möglichkeiten für die Gleichstromleitungen (DC)

Je nach Situation können eine oder mehrere Optionen angewendet werden:

- DC-Leitungen kurz halten, indem der Wechselrichter möglichst nahe beim Solargenerator montiert wird.
- Verlegung der DC-Leitungen im Elektroinstallationschacht oder -kanal der entsprechenden Feuerwiderstandsklasse.
- DC-Hauptleitungen und Strangzuleitungen im Bereich brennbarer Gebäudeteile in schwer brennbare oder nicht brennbare Rohre oder Kanäle verlegen.
- DC-Hauptleitungen ausserhalb des Gebäudes verlegen, z.B. in einem zusätzlichen metallischen Fallrohr.
- DC-Leitungen nicht im Bereich von Flucht- oder Zugangswegen für Einsatzkräfte verlegen.
- Die DC-Leitungen zwischen dem Solarfeld (Solargenerator) und dem Wechselrichter sollen auch im Störfall einen erhöhten Schutz gegen Berührung aufweisen, z.B. mittels Verlegung in Metallrohre, metallischen Kanälen oder als Kabel mit einem konzentrischen Aussenleiter.

## Erdung, Blitz- und Überspannungsschutz

Bei diesen drei Themen überlappen sich die Massnahmen gegenseitig. Ein korrekt ausgeführter Blitzschutz schliesst die Erdung und den Potenzialausgleich mit ein. Zahlreiche Kantone verlangen im Rahmen des Anlagenschutzes durch die Gebäudeversicherung vor Baubeginn ein Konzept, wie die Anlage gegen Blitzschlag geschützt wird.

Ein Gebäude wird durch eine Photovoltaikanlage nicht blitzschutzpflichtig. Fast immer ist der Potenzialausgleich bei Installationen nach Schutzklasse 2 vom Solarmodulfeld bis zum Hauptverteiltabelleau notwendig. Die Leitsätze SN SEV 4022 schreiben vor, dass da, wo ein Blitzschutz vorhanden ist, die korrekte Einbindung der Solaranlage in das Blitzschutzsystem notwendig ist (siehe Leitsätze Blitzschutzsysteme, SN SEV 4022, [www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)). Bei Gebäuden ohne Blitzschutz sind die Schutzmassnahmen gemäss NIN Kapitel 7.12 auszuführen.



«Die Photovoltaik – ein wichtiger Beitrag zur Stromversorgung.»



# Energieversorgungsunternehmen



Es empfiehlt sich, vor der Installation einer Solarstromanlage mit den Verantwortlichen des entsprechenden Energieversorgungsunternehmens (EVU) abzuklären, wie die Einspeisung von Überkapazitäten geregelt werden soll. Bei Energieerzeugungsanlagen wie Solarstromanlagen, die Netzurückwirkungen verursachen können, kann das EVU spezielle Abnahmemessungen verlangen. Der Installationsinhaber hat für diesen Zweck seine Anlagen in die gewünschten Betriebszustände zu bringen.

## Varianten des Netzanschlusses

Der Netzanschluss soll frühzeitig in die Projektplanung einbezogen werden. Dazu gehören insbesondere folgende Themen:

- Standort des Netzanschlusses
- Maximal mögliche Einspeisekapazität beim vorgesehenen Netzeinspeisepunkt
- Platz für den zusätzlichen Zähler
- Einspeiseschema

Es gibt grundsätzlich vier Einspeiseschemata:

- Bei der Messart «Produktion» wird der lokal produzierte Solarstrom direkt über Produktionszähler in das Netz eingespeist. Diese Messart wird verwendet, wenn der erzeugte Solarstrom gemäss kostendeckender Einspeise-Vergütung des Bundes (KEV) verkauft oder an eine Solarstrombörse geliefert wird. Es findet kein Eigenverbrauch statt.
- Messart «Überschuss»: Der erzeugte Solarstrom wird primär für den Eigenverbrauch genutzt. Nur der überschüssige Strom wird ins Netz abgegeben. Für die Messung der zurückgelieferten Energie gibt es zwei Varianten: ein zusätzlicher Rücklieferungszähler oder ein spezieller Bezugszähler (Vierregisterzähler).
- «Saldomessung»: Der Unterschied von der «Saldomessung» zur Messart «Überschuss» besteht lediglich darin, dass die Messung der abgegebenen Energie direkt vor Ort mit dem Energiebezug saldiert wird. Der Nachteil ist, dass zwischen den eingespeisten Kilowattstunden und den bezogenen nicht mehr unterschieden werden kann.

- Bei der «Hinterschaltung» erfolgt die Einspeisung des Solarstroms in das private Netz. Die Verrechnung erfolgt wie bei zwei Einspeisepunkten des EVU. Das EVU kauft die produzierte Energie ab dem Zähler und verkauft sie zeitgleich am selben Anschlusspunkt. Die Ablesung des Produktionszählers muss für das EVU daher jederzeit möglich sein. Dazu wird meistens eine Datenschnittstelle an den Netzanschlusspunkt geführt. Diese Messart verwendet man bei Objekten mit Anschluss ans Mittelspannungsnetz. Eine andere Anwendung kann bei grossen privaten Netzen in Arealüberbauungen vorkommen.

## Solarstrom im Abonnement

Viele EVUs bieten ihren Kunden Solarstrom im Abonnement an. Dadurch können auch Mieterinnen und Mieter – oder wer selbst keine Solarstromanlage bauen will – umweltfreundliche Elektrizität nutzen. Die Kosten sind kalkulierbar und transparent. Dazu wurde das Qualitätslabel «naturemade star» entwickelt ([www.naturemade.ch](http://www.naturemade.ch)).



«Sinnvolle Regeln für  
einen sorglosen Betrieb.»





# Behörden

Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, setzt der Bundesrat im Rahmen der Energiestrategie 2050 u.a. auf verstärkte Einsparungen (Energieeffizienz) und sogenannte «neue erneuerbare Energie». Darin spielt die Solarstromproduktion (Photovoltaik) eine wichtige Rolle. Zudem sollen die Stromnetze rasch ausgebaut und die Energieforschung verstärkt werden.

Seit Anfang 2008 ist im Bundesgesetz über die Raumplanung der Artikel 18a in Kraft: «In Bau- und Landwirtschaftszonen sind sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integrierte Solaranlagen zu bewilligen, sofern keine Kultur- und Naturdenkmäler von kantonaler oder nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden.»

## Beratung

Die Website [www.e-kantone.ch](http://www.e-kantone.ch) zeigt Adressen der kantonalen Energiefachstellen und Energieberatungsstellen sowie Informationen zur finanziellen Förderung auf. Unabhängige Planungsbüros oder Solarstromorganisationen und -unternehmen geben umfassende Auskunft (beispielsweise [www.solarprofis.ch](http://www.solarprofis.ch)).

## Formalitäten

Für die Installation einer Solarstromanlage ist in vielen Kantonen respektive Gemeinden eine Baubewilligung notwendig ([www.e-kantone.ch](http://www.e-kantone.ch)). Nur in gewissen Kantonen sind kleinere Anlagen ausserhalb von Ortskernzonen baubewilligungsfrei. Die kommunale Baubehörde kann beraten, wie vorgehen ist. Ausserdem muss der elektrische Anschluss an das Netz geregelt werden. Das örtliche Energieversorgungsunternehmen (EVU) verlangt in der Regel mindestens ein Anschlussgesuch, eventuell ergänzt mit einer Deklaration bezüglich der Stromqualität (z.B. des Oberwellenverhaltens) der Wechselrichter. Überschreitet die Anlage eine bestimmte Grösse (3 kW pro Phase resp. 10 kW dreiphasig), so muss zudem eine Planvorlage an das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) eingereicht werden.

Ein häufiger Einsprachegrund ist die Blendung durch eine Photovoltaikanlage. Solarmodule werden jedoch mit dem Ziel einer möglichst hohen Lichtabsorption produziert und spiegeln somit im Normalfall weniger Licht als Fensterglas. Zudem hält sich eine allfällige Spiegelung in einem kurzen zeitlichen Rahmen.

## Abnahme | Inbetriebnahme

Bei der Abnahme und Inbetriebnahme von fertig gebauten Solarstromanlagen wird jeweils ein Protokoll erstellt. Oft erfolgt im gleichen Schritt die Abnahme und Inbetriebnahme. Der Inhalt des Abnahmeprotokolls ist gesetzlich nicht festgelegt und kann variieren. Swissolar stellt Vorlagen solcher Inbetriebnahmeprotokolle zur freien Verfügung ([www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)). Ferner sind die Empfehlungen der Werkvorschriften ([www.werkvorschriften.ch](http://www.werkvorschriften.ch)) und der SIA ([www.webnorm.ch](http://www.webnorm.ch)) zu beachten. Ein Messprotokoll gemäss EN-Normen sollte vom Anlagengesteller mit der Fertigstellung verfasst werden. Electrosuisse ([www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)) stellt eine entsprechende Vorlage zur Verfügung.

## Abnahmekontrolle

Die Werkvorschriften der Deutschschweiz unterscheiden für die Fertigstellung und Inbetriebnahme einer Photovoltaikanlage zwischen Installationen mit einer Kontrollperiode von unter und über 20 Jahren:

- Kontrollperiode von 20 Jahren und mehr:  
Der Installateur stellt in Vertretung des Eigentümers dem EVU vor der Übergabe der Installation an den Eigentümer eine Kopie des Sicherheitsnachweises zu.
- Kontrollperiode von weniger als 20 Jahren:  
Der Eigentümer veranlasst nach der Übernahme der Installation innerhalb von sechs Monaten zusätzlich eine Abnahmekontrolle durch ein unabhängiges Kontrollorgan oder eine akkreditierte Inspektionsstelle, welche den Sicherheitsnachweis des Installateurs entsprechend ergänzt. Das unabhängige Kontrollorgan übergibt dem EVU in Vertretung des Eigentümers eine Kopie des ergänzten Sicherheitsnachweises.

Eine Photovoltaikanlage hat keinen Einfluss auf die gesetzlich festgelegten Kontrollperioden der Gesamtanlage.



# Kosten | Finanzierung | Förderbeiträge

Eine Solarstromanlage ist eine Investition. Mit der kostendeckenden Einspeisevergütung des Bundes (KEV) arbeiten optimal ausgelegte Anlagen ohne spezielle Konfigurationen wirtschaftlich.

## Investitionen

Wie bei allen Technologien sinken auch bei der Solarenergie die Preise, sobald die Produktionsmengen steigen. Im langjährigen Durchschnitt reduzierten sich die Investitionskosten jährlich um rund 6–7 %. Die Ausgaben für Aufdach- und Flachdachanlagen (bis 10 kW) liegen aktuell zwischen 3000–5000 CHF/kW, für grosse Anlagen mit mehreren 100 kW bewegt sich der Preis um 2000 CHF pro kW. Gut in die Gebäudehülle integrierte Anlagen sind etwa 20 % teurer. Sie decken jedoch meist zusätzliche Funktionen wie Beschattung oder Dichtung ab.

## «Contracting»

Hauseigentümer, die nicht selbst investieren wollen, haben die Möglichkeit, ihr Dach einem «Contractor» zu vermieten. Dieser erstellt dann die Solarstromanlage darauf. Wer keine Dachflächen zu vergeben hat, sich jedoch an einer Solarstromanlage beteiligen möchte, kann bei einem Contractor investieren. Dieser fasst mehrere Investitionen zusammen, um grössere Anlagen auf geeigneten Gebäuden zu realisieren (siehe [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch/) / «Solarzellen statt Dachziegel. Sonnenenergie im Contracting. Dachsanierung mit Photovoltaikmodulen»).

## Unterhaltskosten

Es lohnt sich, den Ertrag der Solarstromanlage regelmässig zu überwachen und die Anlage jährlich mindestens einmal genauer zu kontrollieren. Eine monatliche Ertragskontrolle hilft, Fehler frühzeitig zu erkennen und Ausfälle zu vermeiden. Je nach Umgebung und Ausführung der Anlage kann eine Reinigung der Module nötig sein. Die Anlagedokumentation sollte Formulare zur Ertragskontrolle und Informationen zur Reinigung enthalten.

Die Kosten für Wartung- und Unterhalt sind u.a. von der Anlagengrösse abhängig. Die Anlagenkategorie frei stehend, angebaut oder integriert spielt keine Rolle. Das Bundesamt für Energie kalkuliert für die KEV mit einer Abstufung der Unterhaltskosten von 4,5–6 Rp./kWh, je nach Leistungsklasse (Stand: 1.10.2012).

Zu den Unterhaltskosten gehören: allgemeine Wartung, Reinigung der Module, ggf. Service-Vertrag, Fernüberwachung, Service und Instandhaltung der

Wechselrichter und für Photovoltaikanlagen ab 30 kWp AC; Aufwand der Lastgangmessung.

## Stromgestehungskosten bzw.

### Wirtschaftlichkeit

Die Gestehungskosten bezeichnen die Kosten, welche für die Energieumwandlung von einer anderen Energieform in elektrischen Strom notwendig sind. Die Kosten einer gut ausgerichteten Anlage liegen bei ca. 22 Rp./kWh (Grossanlagen) und bei 40 Rp./kWh (Kleinanlagen). Die genaue Höhe ist von vielen Faktoren wie Örtlichkeit, Ausrichtung, Lebensdauer, Zinssatz usw. abhängig.

### Vereinfachtes Beispiel:

Anlage	5 kWp
Jahresproduktion	4750 kWh
Investitionskosten	22 500 CHF
Annuität	5,74 % (bei 25 Jahren Lebensdauer und 3 % Verzinsung)
Jährliche Annuitätskosten	1290 CHF
Jährliche Unterhaltskosten	210 CHF
Total jährliche Kosten	1500 CHF
Produktionskosten	32 Rp./kWh
Aktuelle Vergütung KEV	36,1 Rp./kWh (ab 1.1.2013 max. 33.2 Rp./kWh)

Die Annuität berechnet den linearen jährlichen Kostenanteil einer Investition über eine bestimmte Zeitdauer zu einem bestimmten Zinssatz.

## Vergütung des Solarstroms

Es ist dem Lieferanten freigestellt, wem er seinen Strom verkauft. Seit 1.1.2009 gilt die KEV des eidg. Energiegesetzes. Demnach bezahlt Energie Pool Schweiz AG dem Lieferanten für jede Kilowattstunde eingespeister Energie den bei Inbetriebnahme gültigen Referenzpreis für Solarstrom während 25 Jahren, sofern eine Zusage von Swissgrid vorliegt (aktuelle Tarife: [www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)). Der Produzent muss die gesamte produzierte Strommenge abgeben und kann diese nicht anderweitig verkaufen, z.B. an Ökostrombörsen. Die bereitstehenden Mittel für Solarstrom sind eng begrenzt, weshalb Interessenten mit mehrjährigen Wartefristen zu rechnen haben. Es lohnt sich, Projekte frühzeitig bei der nationalen Netzgesellschaft Swissgrid ([www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch)) anzumelden. Der Bund überarbeitet gegenwärtig die KEV im Rahmen einer Gesetzesrevision (Stand: 1.10.2012).

Produzenten haben die Möglichkeit, ihren Solarstrom an von EVUs betriebenen Ökostrom- oder Solarstrombörsen zu verkaufen. Hier können auch nur Teile der Produktion verkauft werden. Die Tarife können höher sein als jene der KEV.

## «Solarstrom selbst produzieren?»



### Banken

Die Finanzierung von Photovoltaikanlagen muss von den Banken individuell beurteilt werden. Verschiedene Punkte wirken sich auf Konditionen und Belehnungshöhe aus, u.a.:

- Wer ist der Eigentümer der Anlage?
- Ist der Besitzer der Anlage gleichzeitig auch der Gebäudeeigentümer?
- Gibt es einen garantierten Abnahmepreis der Stromproduktion (KEV, Vertrag mit Ökostrombörse o.ä.)?
- Wie lange sind die Rückzahlungsfristen?
- Wie lauten die Bedingungen eines allfälligen Dachnutzungsvertrags?
- Wird die Dachnutzung als Dienstbarkeit im Grundbuch eingetragen? Erklärt die Bank des Inhabers den Rangrücktritt hinter diese Dienstbarkeit?

### Versicherung

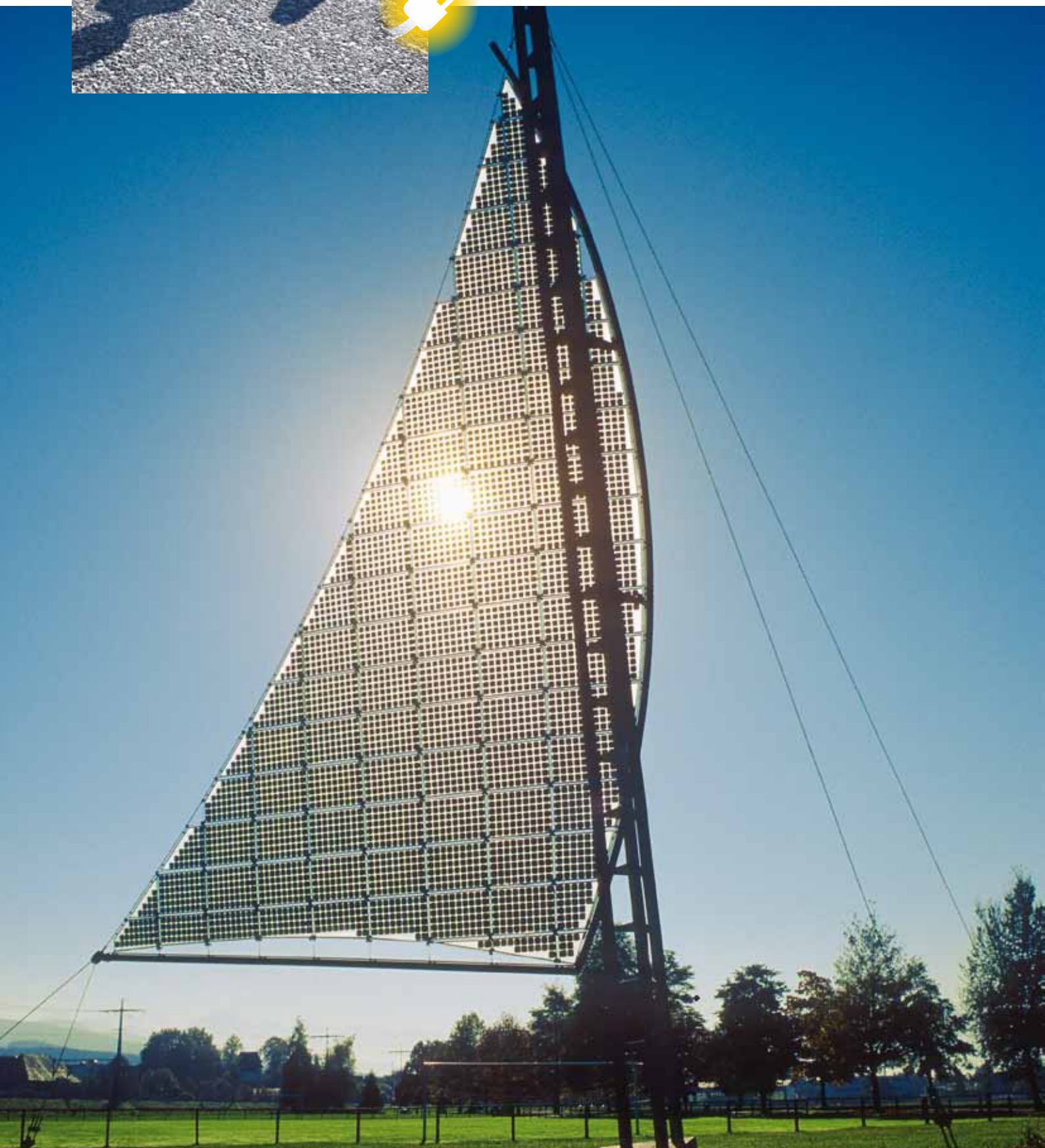
Der Wert und die Funktionalität von Photovoltaikanlagen soll über viele Jahre geschützt werden. Es bestehen verschiedene Bedürfnisse und regional unterschiedliche gesetzliche Rahmenbedingungen. Was versichert werden soll und kann, lässt sich primär in drei Gruppen unterscheiden:

1. Feuer/Elementarschaden (Sturm, Hagel, Hochwasser, Überschwemmung etc.)
2. Haftpflicht
3. Diebstahl, Wasser, Glasbruch, Bauwesen/ Montage, und andere, wie z.B. technische Schäden und daraus resultierende Betriebsausfallkosten

In gewissen Kantonen wird ein Teil der Risiken über die Gebäudeversicherung gedeckt. Die Anmeldung der zusätzlichen Versicherungssumme ist notwendig. Falls keine obligatorische Gebäudeversicherung besteht, sind Versicherungsabschlüsse freiwillig.



«Liegt die Zukunft in der Sonne?»



# Aussichten | Technologie und Trends

Der Anteil Solarstrom soll gemäss den Vorstellungen des Bundesrats bis 2050 17 % des Gesamtbedarfs abdecken. Es bestehen noch ehrgeizigere Ziele: Gemäss Swissolar könnten mit Photovoltaik bis 2025 20 % des Strombedarfs durch Solarstrom gedeckt werden. Nach seinen Einschätzungen bestehen ca. 200 km<sup>2</sup> besonders geeignete Dach- und Fassadenflächen. Eine Stromproduktion von 12 TWh Solarstrom wäre somit bis 2025 mit Anlagen auf bestehenden Gebäuden möglich. Dies bedingt einen jährlich maximalen Zubau von Solarstromanlagen von ca. 7 km<sup>2</sup> resp. 90 km<sup>2</sup> bis 2025, d.h. 12 m<sup>2</sup> pro Einwohner, um dieses Ziel zu erreichen.

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) geht von einem realisierbaren Potenzial von minimal 0,8 TWh bis 2035 und maximal 14 TWh bis zum Jahr 2050 aus. Ein Ausbau auf 14 TWh entspricht dabei einem Extremszenario mit einer Nutzung von 50 % der für Photovoltaik geeignete Fläche und einer Nutzung von knapp 30 % der gesamten bebauten Grundfläche. Grösstes Hemmnis zur Ausschöpfung dieses Potenzials ist die Rentabilität.

## **Forschung**

Die Schweiz ist in verschiedenen Gebieten der Solarzellenforschung führend. Ein effizienter Einsatz von Solarenergie bedingt jedoch weitere Forschung auch ausserhalb des Fotovoltaikbereichs, insbesondere in der Netzintegration und Speicherung.

## **Herstellung**

Herstellungsprozesse und Fotovoltaikmaterialien werden kontinuierlich optimiert. Dies führt zu höheren Wirkungsgraden, einer schnelleren energetischen Amortisation und einer besseren Wertschöpfung. Nebst den kristallinen und polykristallinen Siliziumzellen, die zurzeit über 85 % der Weltproduktion ausmachen, sind Silizium-Dünnschichtzellen im Einsatz. Weitere Materialien wie Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid, organische Materialien (Farbstoffe) und Kombinationen von verschiedenen Zellen werden voraussichtlich vermehrt zum Einsatz kommen.

## **Betrieb**

Neben den Solarzellen ist auch die Systemtechnik relevant. Modernste Solarwechselrichter arbeiten mit Spitzenwirkungsgraden von über 98 %. Hier gibt es nur noch wenig Verbesserungspotenzial. Hingegen könnten Solarwechselrichter künftig vermehrt auch andere Funktionen übernehmen wie beispielsweise die Kompensation von Blindleistung, Erhöhung der Netzqualität und netzstützende Funktionen in Kombination mit einer Batterie.

## **Standardisierung**

Um die reibungslose Koexistenz bestehender und neuer Anlagen zu gewährleisten, ist es nötig, bestehende Normen anzupassen oder neue Regelungen zu definieren. In den Normengremien übernehmen die Schweizer Vertreter auch international immer wieder Führungsaufgaben in den Kommissionen und beeinflussen Normungsprozesse nachhaltig. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener in der Standardisierung tätigen Kommissionen und technischen Komitees muss jedoch weiter gefördert werden.

## **Kombination von Stromerzeugungssystemen**

Die Menge des erneuerbaren Stroms, der in unseren Breitengraden produziert werden kann, unterliegt Witterungs- und Jahreszeitschwankungen. Deshalb gilt es, Photovoltaik sinnvoll in Gesamtlösungen einzubinden. Schon heute werden verschiedene Technologien wie Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Wärmekraftkoppelung, Geothermie oder weitere erneuerbare Energieformen kombiniert. Solche Technologiekombinationen werden zunehmend im Siedlungsbau genutzt. Das gut ausgebaute Stromnetz ist die wichtige Grundlage dieser Vernetzung. Im Rahmen der Liberalisierung der Energiemärkte werden sich Technologiewahl, Investitionen und Geschäftsmodelle weiter dynamisieren. Dabei werden sich Herausforderungen ergeben für Investitionen und langlebige Infrastrukturen.



# Glossar

<b>A</b>	Ampere ist die Einheit für die elektrische Stromstärke.
<b>AC</b>	Alternating Current; Wechselstrom
<b>DC</b>	Direct Current; Gleichstrom
<b>Energieertrag</b>	Produzierte Energie der Photovoltaikanlage in kWh
<b>KEV</b>	Kostendeckende Einspeisevergütung des Bundes ( <a href="http://www.swissgrid.ch">www.swissgrid.ch</a> )
<b>W</b>	Das Watt ist die Einheit für die Angabe von Leistung (Energie pro Zeit).
<b>kWh</b>	Kilowattstunde, bezeichnet die Einheit der produzierten Energie; 1 kWh entspricht der Energie, die eine 100-W-Glühbirne in 10 h verbraucht (Leistung mal Zeit).
<b>kWp</b>	Kilowatt Peak bezeichnet die Nennleistung eines Moduls oder der ganzen Photovoltaikanlage bei STC; sie bezieht sich auf die Gleichstrom-Seite (DC).
<b>MWh</b>	1 Megawattstunde entspricht 1000 kWh
<b>GWh</b>	1 Gigawattstunde entspricht 1000 MWh
<b>TWh</b>	1 Terawattstunde entspricht 1000 GWh
<b>Leistung</b>	Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Spannung und Strom, ohne den Faktor Zeit zu berücksichtigen.
<b>Modulwirkungsgrad</b>	Der Modulwirkungsgrad gibt an, welcher Anteil des eintreffenden Sonnenlichts vom Modul in elektrische Energie umgewandelt wird.
<b>Photovoltaik</b>	Methode zur Stromproduktion aus Licht
<b>Solarmodul</b>	Verbund von Solarzellen zur Umwandlung von Sonnenlicht in Strom
<b>Sonnenkollektor</b>	Sonnenkollektoren dienen zur Umwandlung von Sonnenstrahlung in Wärme (Warmwasser).
<b>STC</b>	Standard Test Condition; 1000 W/m <sup>2</sup> , 25° Zelltemperatur und AM 1,5. Um verschiedene Solarmodul-Typen unabhängig miteinander zu vergleichen und zu bewerten, werden weltweit einheitliche (genormte) Test- und Betriebsbedingungen in der Photovoltaik verwendet.
<b>WR</b>	Wechselrichter wandeln die vom Generator kommende Gleichspannung in Wechselspannung um, synchronisieren die Frequenz mit der des öffentlichen Stromnetzes, besitzen Überwachungseinrichtungen zur Trennung vom Netz bei Störungen und dienen als Datenlieferanten.

## Weitere Informationen

Folgende Verbände informieren über verschiedene Aspekte der Solarenergie:

[www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)  
[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)  
[www.strom.ch](http://www.strom.ch)

Folgende Organisationen und Institutionen erteilen gerne weitere Auskünfte:

[www.erneuerbar.ch](http://www.erneuerbar.ch)  
[www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)  
[www.endk.ch](http://www.endk.ch)  
[www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch)  
[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)  
[www.topten.ch](http://www.topten.ch)  
[www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)  
[www.vsei.ch](http://www.vsei.ch)  
[www.photovoltai.ch](http://www.photovoltai.ch)

# Impressum

## Herausgeber

Electrosuisse, Swissolar und VSE

## Verantwortlich für den Inhalt

Electrosuisse, Swissolar, VSE

## Bild-Quellenangaben

S. 5: Bellwald/enAlpin, Bellwald  
S. 18: Georges Miserez, Fotograf, Ostermundigen

**Grafik** Leib&Gut, Visuelle Gestaltung, Bern

**Druck** FO-Fotorotar, Egg

**Copyright** Vervielfältigung und Veröffentlichung mit Quellenangabe erwünscht.

In Deutsch, Französisch und Italienisch auch als PDF erhältlich.

Zu beziehen bei den Herausgebern sowie den unterstützenden Unternehmen und Institutionen.

## Hinweis:

Die vorliegende Broschüre dient ausschliesslich zu Informationszwecken. Sie wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität ihrer Inhalte wird keine Gewähr geleistet. Insbesondere entbindet es nicht, die einschlägigen und aktuellen Empfehlungen, Normen und Vorschriften zu konsultieren und zu befolgen. Eine Haftung für Schäden aus dem Konsultieren bzw. Befolgen dieser Informationsschrift resultieren könnte, wird ausdrücklich abgelehnt (Stand 1.10.2012).



Mit Unterstützung von:



[www.ecoelettrica.ch](http://www.ecoelettrica.ch)



[www.kuma.ch](http://www.kuma.ch)



[www.ibaarau.ch](http://www.ibaarau.ch)



[www.ottofischer.ch](http://www.ottofischer.ch)



[www.reinhard-gelaender.ch](http://www.reinhard-gelaender.ch)



[www.schweizer-metallbau.ch](http://www.schweizer-metallbau.ch)

In Zusammenarbeit mit:



[www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)



[www.vsei.ch](http://www.vsei.ch)



# Energie – Sonnenklar

Mit Unterstützung von:

